### METHOD AND APPARATUS FOR THE COATING OF WORKPIECES

Publication number: WO9734315 **Publication date:** 1997-09-18

Inventor: BRAENDLE HANS; KIND BRUNO **Applicant:** BALZERS HOCHVAKUUM (LI)

Classification:

- international: C23C14/02; C23C14/24; C23C14/32; C23C14/50;

C23F4/00; H01J37/32; C23C14/02; C23C14/24; C23C14/32; C23C14/50; C23F4/00; H01J37/32; (IPC1-

7): H01J37/32

C23C14/32; C23C14/50B; H01J37/32G - European:

Application number: WO1996CH00412 19961122 Priority number(s): CH19960000627 19960311

Also published as:

EP0886880 (A1) US5709784 (A1) EP0886880 (A0) EP0886880 (B1) ES2173325T (T3)

more >>

Cited documents:

DE4310286 US4929321 EP0413853

GB2049560

Report a data error here

#### Abstract of WO9734315

To deposit hard-material layers in particular on highly-stressed workpieces which have to be etched by sputtering before coating, it is proposed with low-voltage arc discharge to etch by sputtering the workpieces and, subsequently, acting from the same direction to coat the workpieces.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

# PCT

#### WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM Integnationales Büro

### INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 6:

H01J 37/32

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 97/34315

14

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum:

18. September 1997 (18.09.97)

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/CH96/00412

- (22) Internationales Anmeldedatum:
- 22. November 1996 (22.11.96)
- (81) Bestimmungsstaaten: JP, KR, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

(30) Prioritätsdaten:

627/96

11. März 1996 (11.03.96)

CH

Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.

- (71) Anmelder: BALZERS AKTIENGESELLSCHAFT [LI/LI]; FL-9496 Balzers (LI).
- (72) Erfinder: BRAENDLE, Hans; Schlossstrasse 14, CH-7320 Sargans (CH). KIND, Bruno; Aculestrasse 2, FL-9495 Triesen (LI).

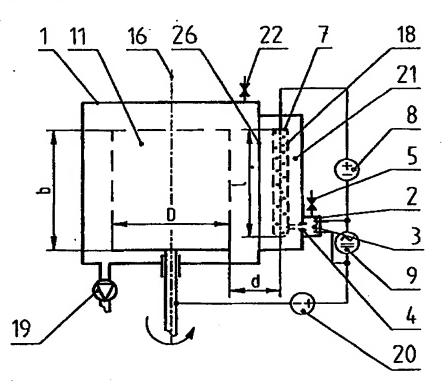
- (54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR THE COATING OF WORKPIECES
- (54) Bezeichnung: VERFAHREN UND ANLAGE ZUR BESCHICHTUNG VON WERKSTÜCKEN

#### (57) Abstract

To deposit hard-material layers in particular on highly-stressed workpieces which have to be etched by sputtering before coating, it is proposed with low-voltage are discharge to etch by sputtering the workpieces and, subsequently, acting from the same direction to coat the workpieces.

#### (57) Zusammenfassung

Um insbesondere auf hochbeanspruchten Werkzeugen Hartstoffschichten abzuitegen, welche vor dem Beschichten Zerstäubungsgeätze werden müssen, wird vorgeschlagen, mit einer Niedervoltbogenentladung die Werkstücke zerstäubungszuätzen und anschliessend von der gleichen Richtung her wirkend die Werkstücke zu beschichten.



## LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AM	Armenica	GB	Versinigtes Königreich	MX	Mexiko
AT	Osterreich	GE	Georgica	NE	Niger
AU	Australien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BB	Barbados	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BE	Belgien	HU	Ungara	NZ	Neuseeland
BF	Burkina Pago	IB.	Irland	PL	Polen
BG	Bulgarien	PT	Italien	PT	Portugal
BJ	Benin	IP	Japan	RO	Ruminien
BR	Brasilian	KE	Kenya	RU	Russische Föderstion
BY	Bekru	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF .	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SG	Singapur
CG	Kongo	KZ	Kasachstan	\$1	Slowenian
CH	Schweiz	ш	Liechtenstein	SK	Slowakei
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanke	SN	Senegal
CM	Kamerun	LR	Liberia	SZ	Swasiland
CN	China	LK	Litauen	TD	Tschad
CS	Tachechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
cz	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadachikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dinemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
RE	Batland	MG	Madagaskar	UG	Uganda
ES	Spanien	ML	Mali	us	Vereinigte Stanton von Amerika
ri	Pinnland	MN	Mongolei	UZ	Usbekistan
FR	Prankreich	MR	Mauretmien	VN	Vietnam
GA	Gabon	MW	Malawi		

10

15

20

25

30

35

### Verfahren und Anlage zur Beschichtung von Werkstücken

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Beschichtungsanordnung nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 sowie ein Verfahren zur Beschichtung von Werkstücken nach dem Oberbegriff von Anspruch 14.

Für verschiedene Vakuumbehandlungsprozesse ist es bekannt vorgängig zur Vakuumbeschichtung einen Reinigungsschritt an der Werkstückoberfläche vorzunehmen. Ausserdem können vor oder nach dem Reinigungsschritt die Werkstücke zusätzlich auf eine gewünschte Temperatur aufgeheizt werden. Schritte sind vor allem notwendig, um der Schicht die nachfolgend abgeschieden werden soll, eine gute Haftfestigkeit zu verleihen. Besonders wichtig ist dies bei Anwendungen, wo Werkstücke, insbesondere Werkzeuge, mit einer verschleissfesten Hartstoffschicht beschichtet werden sollen. Schichten sind bei Werkzeugen, wie beispielsweise bei Bohrern, Fräsern, Räumnadeln und Umformwerkzeugen besonders hohen mechanischen und abrasiven Beanspruchungen ausgesetzt. Eine extrem gute Haftung mit der Unterlage ist deshalb Voraussetzung für einen brauchbaren und wirtschaftlichen Einsatz. Eine bewährte Methode solche Werkstücke vorzubehandeln ist einerseits das Heizen mit Elektronenbeschuss und andererseits das Ätzen mittels Ionenätzen beziehungsweise Zerstäubungsätzen. Das Beheizen mittels Elektronenbeschuss aus einer Plasmaentladung ist beispielsweise bekannt geworden aus der DE 33 30 144. Eine Plasmaentladungsstrecke kann auch verwendet werden, um schwere Edelgasionen zu erzeugen, beispielsweise Argonionen, welche aus diesem Plasma auf das Werkstück beziehungsweise das Substrat beschleunigt werden, um dort ein Zerstäubungsätzen zu bewirken, wie dies in der DE 28 23 876 beschrieben ist. Neben dem Zerstäubungsätzen ist es auch bekannt geworden, Plasmaentladungen mit zusätzlichen Reaktivgasen zu betreiben und die Werkstücke reaktivchemisch zu ätzen, wobei auch Mischformen zwischen diesem

15

20

25

30

Reaktivätzen und dem Zerstäubungsätzen möglich sind. Bei all diesen Vorbehandlungsverfahren geht es darum, stücksoberfläche so vorzubereiten, dass die nachfolgende Beschichtung gut auf der Unterlage haftet. Zur Plasmaerzeugung wird bei den vorerwähnten Anordnungen eine Niedervoltbogenentladung verwendet, welche in der Zentralachse der Anlage angeordnet ist, wobei die Werkstücke in einem bestimmten Abstand um diesen Bogen herum und entlang einer Zylinderfläche angeordnet sind. Die Beschichtung erfolgt anschliessend mittels thermischem Aufdampfen oder Zerstäuben. Je nach Prozessführung wird hierbei durch entsprechenden Substratbias während der Beschichtung eine Ionenbeschuss erzeugt, welches unter dem Begriff Ionenplattieren bekannt geworden ist. Diese Anordnung hat den Vorteil, dass aus der Niedervoltbogenentladung grosse Ionenströme bei niederer Teilchenenergie gezogen werden können und somit das Werkstück schonend bearbeitet werden kann. Von Nachteil ist allerdings, dass die Werkstücke in einer radial zur Entladung definierten Zone angeordnet werden müssen und in der Regel auch sowohl um die Zentralachse, wie auch um ihre eigene Achse rotiert werden müssen, um gleichförmige und reproduzierbare Ergebnisse erzielen zu können. Ein weiterer Nachteil besteht darin, wegen der relativ engen zulässigen zylinderförmigen Bearbeitungsbandbreite die bearbeitbare Werkstückgrösse einerseits begrenzt ist oder andererseits die Chargiermenge mit einer grösseren Anzahl kleiner Werkstücke limitiert ist, womit die Wirtschaftlichkeit der bekannten Anordnung stark eingeschränkt ist. Diese Einschränkung kommt dadurch zu Stande, dass die Niedervoltbogenentladung, welche die Bearbeitungskammer zentral durchdringt, für sich eine gewisse Ausdehnung beansprucht und um gute und reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten, die Werk-

stücke entsprechend von der Entladung beabstandet sein müssen, womit ein grosser Teil des zentralen Raumes der Bear-

35 beitungskammer nicht genutzt werden kann.

15

20

25

30

35

Bekannt geworden sind auch Zerstäubungsanordnungen mit sogenannten Diodenentladungen. Solche Diodenentladungen werden mit hohen Spannungen bis 1000 Volt und darüber betrieben. Diodenätzeinrichtungen haben sich für Anwendungen mit hohen Anforderungen nicht bewährt. Einerseits sind die erzielbaren Atzraten und somit die Wirtschaftlichkeit gering und andererseits treten bei diesen hohen Spannungen Defekte an heiklen Substraten auf. Insbesondere Werkstücke, die dreidimensional bearbeitet werden müssen, wie beispielsweise Werkzeuge, können damit nicht ohne weiteres behandelt werden. Werkzeuge beispielsweise weisen durch ihre Ausformung, beispielsweise verschiedene feine Schneidkanten auf, auf welche sich solche Entladungen konzentrieren, wobei dann an diesen feinen Kanten und Spitzen unkontrollierbare Effekte auftreten können, wie beispielsweise ein Überhitzen und sogar ein Zerstören der funktionalen Kante.

In der Patentschrift DE 41 25 365 ist ein Ansatz beschrieben, der versucht das vorerwähnte Problem zu lösen. Diese Offenbarung geht davon aus, dass die Beschichtung mittels sogenannten Arc- oder Lichtbogenverdampfung erfolgt. Um mit solchen Verdampfern haftfeste Schichten erzeugen zu können, wurde der Lichtbogen des Verdampfers selbst vor der eigentlichen Beschichtung auf diese Weise genutzt, dass die im Lichtbogen erzeugten Ionen, insbesondere die Metallionen, erzeugt aus dem Verdampfungstarget, über eine negative Beschleunigungsspannung von typischerweise > 500 Volt oft aber im Bereich von 800 - 1000 Volt auf die Werkstücke beschleunigt wird, so dass am Werkstück mehr abgestäubt wird als aufgebracht wird. Nach diesem Ätzvorgang wird dann der Verdampfer weiter als Beschichtungsquelle betrieben. In der Beschreibung ist erwähnt, dass bei diesen üblichen Verfahren mit der Arcbeschichtungstechnik solch hohe Spannungen notwendig sind, um mit der Arcverdampfungstechnik haftfeste Schichten erzeugen zu können. Um das Problem der Überhitzung oder Anätzung an ungleichmässiger Massenverteilung bezie-

hungsweise an feinen Geometrien des Werkstücken vermeiden zu können, wird in der Beschreibung nun vorgeschlagen, neben dem Lichtbogenplasma eine weitere Hilfsentladungsstrecke mit hoher Spannung zu betreiben, welche eine Zusatzionisierung bewirkt und an den Arcverdampferlichtbogen gekoppelt ist, 5 wobei eine zusätzliche Gleichstromquelle bewirkt, dass aus dem Plasma Ionen extrahiert und auf das Werkstück beschleunigt werden, welche den gewünschten Atzvorgang erzeugen. Zusätzlich ist eine weitere Anode mit einer weiteren Entladungsstrecke, welche von einer zusätzlichen Stromversorgung 10 betrieben wird vorgesehen, um die Wirkung zu erhöhen. Ausserdem wird der Arcverdampfer beim Atzvorgang mit geschlossener Blende betrieben, so dass während diesem Vorgang das Substrat von der direkten Wirkung des Verdampfers abgeschirmt wird, um sogenannte Droplets am Substrat zu verhin-15 dern. Die beschriebene Anordnung weist den Nachteil auf, dass ebenfalls hohe Spannungen notwendig sind und die erzielbaren Bearbeitungshomogenitäten nur in beschränkten Bereichen möglich ist, wobei durch die Verkopplung der ver-20 schiedenen Plasmastrecken ausserdem die Einstellmöglichkeiten der Betriebsbedingungen beschränkt sind. Ausserdem ist die Anordnung kompliziert und somit aufwendig in der Realisierung und im Betrieb, was für die Wirtschaftlichkeit einer Produktionsanlage von Nachteil ist. Die Verwendung von höheren Spannungen über 1000 Volt verlangt ausserdem zusätzliche 25 Sicherheitsaufwendungen.

Anlagen wie sie gemäss Stand der Technik bekannt sind eignen sich nur bedingt für grosse Durchsätze bei hoher Bearbeitungsqualität. Anlagengrössen welche Beschichtungsbreiten von bis zu 1000 mm und mehr zulassen sind, wenn überhaupt nur, unter grössten Schwierigkeiten realisierbar.

30

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung die erwähnten 35 Nachteile des Standes der Technik zu beheben, insbesondere eine Beschichtungsanordnung zu schaffen und ein Verfahren

10

15

20

30

35

vorzuschlagen, welche es erlauben, haftfeste Beschichtungen auf eine Vielzahl von Werkstücken oder auf einzelne grosse Werkstücke mit ungleichmässiger Massenverteilung ohne Defekte an den Feinstrukturen aufzubringen bei der gewünschten Homogenität und mit der erforderlichen hohen wirtschaftlichen Bearbeitungsrate.

Dies wird ausgehend von einer Bearbeitungsanordnung eingangs genannter Art, durch deren Ausbildung nach dem kennzeichnenden Teil von Anspruch 1 erreicht und durch das Beschichtungsverfahren ausgebildet nach dem kennzeichnenden Teil von Anspruch 14.

Demnach wird die zu beschichtende Werkstückoberfläche an einer Plasmaquelle, welche als Heisskathoden-Niedervoltbogen-Entladungsanordnung ausgebildet ist, quer zu ihrer linearen Ausdehnung an dieser Entladungsstrecke vorbeigeführt, wobei das Werkstück auf negativer Spannung liegt, womit Ionen aus der Bogenentladung extrahiert werden und auf das Werkstück beschleunigt werden, um dieses zerstäubungszuätzen und anschliessend das Werkstück von der gleichen Seite her wirkend, wie die Niedervoltbogenentladung, beschichtet wird.

Bevorzugte Ausführungsformen der erfindungsgemässen Be25 schichtungsanordnung sind in den abhängigen Ansprüchen 2 bis
13 aufgeführt und die bevorzugten Ausführungsformen des Verfahrens in den Ansprüchen 14 bis 17.

Das Ätzen mit einer Heisskathoden-Niedervoltbogen-Entladungsanordnung als Ionenquelle ist besonders vorteilhaft, da solche Bogenentladungen mit Entladungsspannungen von < 200 Volt betrieben werden können und die Nachteile des Hochspannungsätzen nicht auftreten. Das Ätzen mit Niedervoltbogenentladungen ist also besonders schonend für das Werkstück, das heisst feine Strukturen an grösseren Werkstücken wie beispielsweise Schneidkanten, werden weder durch ther-

mische Überlastung noch durch Kantenverrundung durch höher energetischen Ionenbeschuss negativ beeinträchtigt. der relativ niederen möglichen Entladungsspannung im Bereich von 30 bis 200 Volt DC, vorzugsweise im Bereich von 30 bis 120 Volt, ein sehr hoher Entladungsstrom möglich von einigen 5 10 bis einige 100 Ampere, vorzugsweise von 100 bis Ampere möglich. Dies bedeutet, dass diese Entladungsart in der Lage ist, einen sehr hohen Ionenstrom bei geringer Energie zur Verfügung zu stellen. Es kann somit bei relativ geringer Beschleunigungsspannung am Substrat durch den hohen 10 verfügbaren Ionenstrom eine hohe Ätzrate erreicht werden und dies wie erwähnt bei schonender Behandlung des Werkstückes. Extraktionsspannung beziehungsweise die Beschleunigungsspannung am Substrat liegt in einem Bereich von -50 Volt bis -300 Volt, vorzugsweise aber im Bereich von -100 15 Volt bis -200 Volt. Der auf die Werkstücke gezogene Ionenstrom erreicht hierbei Werte von 5 bis 20 Ampere, wobei bevorzugterweise in einem Bereich von 8 bis 16 Ampere gearbeitet wird. Die Bearbeitungsbreite für das Werkstück oder die Werkstücke kann hierbei bis 1000 mm sein. Mit etwas mehr an-20 lagenseitigem Aufwand sind aber auch grössere Bearbeitungsbreiten möglich. Die erreichbaren Werte hängen neben den Betriebswerten für die Bogenentladung auch von ihrer geometrischen Anordnung gegenüber dem Werkstück ab, wie auch vom gewählten Arbeitsdruck. Typische Arbeitsdrücke liegen im Be-25 reich von 10<sup>-3</sup> mb, wobei für den Betrieb der Bogenentladung ein Edelgas als Arbeitsgas verwendet wird, vorzugsweise ein schweres Edelgas, wie beispielsweise Argon.

30 Bis anhin wurden Niedervoltbogenentladungsanordnungen rotationssymetrisch betrieben, das heisst, die Bogenentladung wurde im Zentrum angeordnet, wobei die Werkstücke um diese Bogenentladung, welche in der zentralen Achse lag, rotierten. Man ging hierbei davon aus, dass die rotationssymetrische Anordnung mit der zentral angeordneten Bogenentladung die best möglichen Ergebnisse in Bezug auf Gleichför-

migkeit und Geschwindigkeit des Ätzvorganges erzielen können. Es hat sich nun aber überraschenderweise gezeigt, dass erfindungsgemässe asymetrische Anordnung wesentlich vorteilhafter ist, als die vorerwähnte rotations-5 symetrische Anordnung. Bei der rotationssymetrischen Anordnung mit der Bogenentladung in der Zentralachse nämlich die Unterbringung von grossvolumigen Werkstücken gegen das Zentrum hin durch die Bogenentladung selber eingeschränkt. Ausserdem müssen solche Werkstücke neben der Rotation um die Zentralachse auch noch um sich selbst rotiert 10 werden, damit die geätzten Werkstückflächen Ätzvorgang gleich auch beschichtet werden können mit den Beschichtungsquellen, die an der Kammerwand angeordnet sind. Nur auf diese Weise wird eine hinreichend gute homogene Verteilung des Ätzvorganges und der Beschichtung ermöglicht. 15 Es hat sich auch gezeigt, dass der Abstand des Werkstückes von der Bogenentladung bei der rotationssymetrischen Anordnung kritischer ist. als bei der asymetrischen Anordnung, wo die Bogenentladung nur von einer Seite 20 gegenüber dem Werkstück exponiert wird. Bei der erfindungsgemässen Anordnung ist es möglich, grossvolumige Werkstücke ohne zusätzliche Rotation vor der Bogenentladung vorbei zu führen, womit einerseits die Grösse der Bearbeitungskammer in einem vernünftigen Rahmen gehalten werden kann und andererseits die Handhabung der schweren 25 Werkstücke wesentlich vereinfacht werden kann. Dies hat bei Produktionsanlagen eine grosse Auswirkung die Wirtschaftlichkeit. erfindungsgemässe Die Anordnung nicht nur Vorteile bei sehr grossen Werkstücken, es ist auch 30 möglich Stelle von an grossvolumigen Werkstücken entsprechend grosse Vielzahl von kleinen Werkstücken unter zu bringen und gleichzeitig zu behandeln. Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemässen Anordnung besteht darin, dass Atzeinrichtung nicht mehr als integraler Teil Bearbeitungskammer ausgeführt werden muss, weil diese nur 35 noch im Bereich der Bearbeitungskammerwand angeordnet werden

30

35

muss und beispielsweise über eine langgezogene kleinere Entladungskammer an dieser Aussenwand angebracht werden kann, womit für die Ausgestaltung der Bearbeitungskammer ein wesentlich grösserer Freiheitsgrad besteht. Es wurde sogar 5 festgestellt, dass diese Anordnung wesentlich kritisch ist in Bezug auf die Beabstandung zwischen Bogenentladung und Werkstückoberfläche, womit reproduzierbarere Ergebnisse bei grösseren Abstandschwankungen, wie sie vor allem bei grossen Werkstücken entstehen, erreicht wird. 10 Der Ionenstrom, der insgesamt aus der Bogenentladung extrahiert werden kann, erreicht nach wie vor die vorteilhaft hohen Werte und lässt sich vollständig auf die Werkstücke konzentrieren, was die erwünscht hohen Ätzraten bewirkt. Die eigentliche Trennung der Niedervoltbogenentladung 15 beziehungsweise der Plasmaquelle von der Bearbeitungskammer beziehungsweise von der Behandlungszone erlaubt auch einen grösseren Freiheitsgrad in der Ausgestaltung dieser Quelle, wesentlich flexiblere womit eine Anpassung der lenkonstruktion an die Bedürfnisse des Verfahrens möglich 20 wird, als bei der integralen rotationssymetrischen Anordnung mit der Entladung in der Zentralachse der Anlage.

Um nach dem Ätzvorgang eine haftfeste Schicht aufbringen zu können, wird von der gleichen Seite her wirkend, im Bereich der Bearbeitungskammerwand eine weitere oder mehrere weitere Verdampfungsquellen vorgesehen. Geeignet sind insbesondere solche Quellen, welche so angeordnet werden können, dass sie wie die langgezogene Niedervoltbogenentladung über einen entsprechend langgezogenen Bereich die vorbeibewegten Werkstücke beschichten. Dafür geeignet sind Quellen, wie beispielsweise Zerstäubungsquellen oder Arcverdampferquellen. Es hat sich heraus gestellt, dass sich die sogenannten kathodischen Funkenverdampfer beziehungsweise Arcverdampfer besonders geeignet sind, da mit diesen und dem vorhergehenden Ätzschritt besonders haftfeste Schichten erzeugt werden können, auf sehr wirtschaftliche Art. Mit dieser Anordnung

konnten Testwerkzeuge Standleistungen erreichen, die deutlich und reproduzierbar bessere Werte aufwiesen, als bekannte arcbedampfte Schichten mit vorgängigem Hochspan-Es konnte beispielsweise die Standzeit Schneidwerkzeugen, wie bei Fräsern um mindestens einen Fak-5 tor 1,5 verbessert werden. In besonders günstigen Fällen sogar um ein mehrfaches gegenüber konventionellen Techniken. Ausserdem konnte eine sehr homogene Atzverteilung erreicht werden, die wesentlich unabhängiger ist von der Teilegeometrie und ausserdem die Mischbarkeit von verschiedensten 10 Substraten pro Charge zulässt. Bei der vorgeschlagenen Anordnung ist es ausserdem möglich, neben Edelgasen auch Prozesse mit chemisch aktiven Gasen einfach zu realisieren, weil die Niedervoltbogenentladung die aktiven Gase, wie bei-15 spielsweise N2, H2 sehr gut aktiviert. Unerwünschte parasitäre Entladungen, welche durch isolierende Oberflächen entstehen, werden mit der Niedervoltbogenentladung ohne weiteres beherrscht. Vorteilhafterweise wird die Niedervoltbogenentladung mit einer separaten Kathodenkammer beziehungsweise Ionisationskammer betrieben, welche eine heisse Ka-20 thode aufnimmt und nur über eine kleine Öffnung mit der Entladungskammer beziehungsweise der Bearbeitungskammer verbunden ist. Die Gase werden vorteilhafterweise über diese Kathodenkammer eingelassen, womit gegenüber der Prozesskammer 25 den beteiligten Beschichtungsquellen eine Gastrennung entsteht, womit beispielsweise das Problem von Targetvergiftungen an den Beschichtungsquellen reduziert beziehungsweise vermieden wird. Mit dieser Anordnung ist es aber auch möglich, Aktivierungen mit verschiedenen Prozessgasen am Werkstück vorzunehmen, während der eigentlichen Be-30 schichtungsphase. Hierbei kann wahlweise durch die Wahl der entsprechenden negativen oder gar positiven Spannung am gewünschten Arbeitsbedingungen eingestellt Werkstück die werden.

fach vor den Quellen vorbei geführt werden müssen, um die notwendige Atztiefe oder Beschichtungsdicke gleichförmige und reproduzierbare Behandlung zu erreichen, ist es vorteilhaft, die Anlage so auszuführen. Werkstücke um eine zentrale Achse rotiert werden können und die Quellen gleichwirkend von aussen nach innen im Bereich der Kammerwand angeordnet sind. Ein sehr grosses Werkstück kann beispielsweise auf diese Art in der Zentralachse rotierend angeordnet und bearbeitet werden. Es können aber in diesem Raumbereich auch eine Vielzahl von kleineren Werkstücken, ja sogar unterschiedlicher Grösse auf einer Halterung angeordnet werden und um diese zentrale Achse rotierend an den Quellen vorbeigeführt werden, um homogene Resultate zu erreichen. Eine solche Anordnung ist besonders einfach und kompakt zu realisieren und erlaubt das Arbeiten bei hoher Wirtschaftlichkeit.

10

15

Die Plasmaquelle beziehungsweise die Niedervoltbogenentladung wird mit Vorteil direkt im Bereich der Bearbeitungskam-20 merwand quer zur Transportrichtung angeordnet. Die Niedervoltbogenentladungsvorrichtung kann beispielsweise und vorzugsweise in einem kastenähnlichen Anbau, hier als Entladungskammer, angeordnet werden, welche entlang der Entladung über eine schlitzförmige Öffnung mit der Bearbeitungskammer 25 so verbunden ist, dass der Niedervoltbogen direkt gegenüber dem oder den Werkstücken beziehungsweise der zu bearbeitenden Zone ausgesetzt ist. Die Niedervoltbogenentladung wird erzeugt durch eine elektrisch geheizte beziehungsweise thermionische Emissionskathode und davon beabstandet Anode, wobei gegenüber der Kathode an die Anode eine ent-30 sprechende Entladungsspannung angelegt wird und hiermit ein Bogenstrom gezogen wird. In diese Entladungskammer mündet zusätzlich eine Gaseinlassanordnung, um die Bogenentladung mit dem Arbeitsgas zu versorgen. Vorzugsweise wird diese An-35 ordnung mit einem Edelgas wie beispielsweise Argon betrieben, wobei aber wie erwähnt auch reaktive Gase beigemischt

15

20

werden können. Die Entladungsstrecke sollte gegenüber der Behandlungszonenbreite mindestens eine Ausdehnung von 80% aufweisen und gegenüber der Behandlungszone so plaziert werden, dass die gewünschte Bearbeitungsverteilung beziehungsweise Homogenität erreicht werden kann. Um das entsprechende Zerstäubungsätzen am Werkstück zu bewirken, wird dieses oder die Werkstückhalterung mit einer negativen Spannung gegenüber der Bogenentladungsanordnung betrieben. Je nach Prozess, wie beispielsweise bei reaktiven Prozessen während dem Beschichtungsvorgang kann die Anordnung aber auch ohne eine solche Spannung oder gar mit einer positiven Spannung, das heisst mit Elektronenbeschuss betrieben werden. Hierbei ist es auch möglich neben einer reinen DC-Spannung eine AC-Wechselspannung zu verwenden, beispielsweise mit Mittel- oder Hochfrequenz, wobei auch Überlagerungen von DC mit AC möglich sind. Die DC-Spannung kann auch pulsierend betrieben werden, wobei auch nur ein Teil davon pulsierend überlagert werden kann. Mit solchen Versorgungen können bestimmte reaktive Prozesse gesteuert werden. Es kann aber vor allem auch bei Vorhandensein oder bei Ausbildung von dielektrischen Zonen an den Anlagen und Werkstückoberflächen vermieden werden, dass unerwünschte parasitäre Lichtbogen auftreten.

Die Verteilungsanforderungen an der Bearbeitungszone können einerseits durch die Länge der Entladung und andererseits 25 durch ihre Position eingestellt werden. Ein weiterer Parameter für die Verteilungseinstellung ist die Plasmadichteverteilung entlang der Bogenentladung. Diese kann beispielsweise beeinflusst werden mit Hilfe von zusätzlichen Magnetfeldern, welche im Bereich der Entladungskammer angeordnet 30 sind. Zur Einstellung und Korrektur werden in solch einem Fall Permanentmagnete entlang der Entladungskammer bevorzugt. Bessere Ergebnisse werden aber erreicht, wenn die Entladungsstrecke mit zusätzlichen Anoden betrieben wird, welche entsprechend den Verteilungsanforderungen entlang der 35 Entladungsstrecke angeordnet sind und entsprechend separat

gespiesen werden. Mit solch einer Anordnung hat man sogar eine gewisse Einstellmöglichkeit der Verteilungskurven. Die Anordnung ohne Korrekturmagneten mit mehr als einer Anode entlang der Entladungsstrecke ist eine bevorzugte Ausführungsform. Es ist aber auch möglich neben dieser bevorzugten Ausführungsform kombiniert einige Magnete zusätzlich Korrektur zu verwenden. Zusätzliche Anoden können ohne weiteres zusammen mit einer einzelnen Kathode betrieben werden. Es ist aber vorteilhaft, dass auch für jede Anode eine gegenüberliegende Emissionskathode vorgesehen ist, um eine optimale Entkopplung dieser Stromkreise zu erreichen, eine noch bessere Einstellbarkeit gewährleistet wird.

5

10

20

Bevorzugterweise wird die thermionische Emissionskathode in 15 einer eigenen kleinen Kathodenkammer angeordnet, welche über eine kleine Öffnung mit der Entladungskammer verbunden ist. Eine Edelgaseinlassanordnung mündet vorzugsweise in diese Kathodenkammer ein. Bei Bedarf können über diese Gaseinlassanordnung auch Reaktivgase eingelassen werden. Reaktivgase werden aber vorzugsweise nicht in die Kathodenkammer eingelassen, sondern beispielsweise in die Entladungskammer. Über die Öffnung der Kathodenkammer werden die Elektronen auf die beabstandete Anode oder die Anoden gezogen, wobei das mindestens teilweise ionisierte Gas ebenfalls aus dieser Öffnung austritt. Die Bearbeitungskammer wird vorzugsweise so ausge-25 bildet, dass die Zentralachse, um welche die Werkstücke rotieren, vertikal angeordnet ist. Hierbei wird die Kathode beziehungsweise die Kathodenkammer vorzugsweise oberhalb der Anode angeordnet. Bei der Kathodenkammer ist die Austritts-30 öffnung vorzugsweise nach unten gerichtet angeordnet. Diese Anordnungen vereinfachen die gesamte Handhabung des Systems und helfen Probleme zu vermeiden, die entstehen können durch Partikelbildung.

35 Neben der Niedervoltbogenentladungsanordnung weist die Bearbeitungskammer mindestens eine weitere Quelle auf, die vor-

15

zugsweise ein Arcverdampfer ist. Diese Quellen wirken gleichsinnig radial von aussen in Richtung Zentralachse beziehungsweise Bearbeitungszone. Günstig ist es, wenn die Niedervoltbogenentladung gegenüber der Transportrichtung vor der Beschichtungsquelle angeordnet ist. Üblicherweise hat ein Arcverdampfer ebenfalls wie die Bogenentladungsanordnung eine lineare Ausdehnung quer zur Transportrichtung, um die ganze Bearbeitungszone mit der gewünschten Homogenität beschichten zu können. Bei der vorliegenden Beschichtungsanordnung werden vorzugsweise mehrere runde Arcverdampfer eingesetzt, welche so an der Kammerwand verteilt angeordnet sind, dass die gewünschte Homogenität erreicht wird. Dies hat den Vorteil, dass einerseits die hohe Betriebsleistung der Verdampfer aufgeteilt werden kann und andererseits die Verteilung besser beherrscht werden kann, ja sogar in einem bestimmten Bereich über die Stromversorgung eingestellt werden kann. Damit können ausserordentlich hohe Bearbeitungsraten erzeugt werden, was eine hohe Wirtschaftlichkeit zur Folge hat. Beispielsweise sieht hierbei ein Prozess für 20 die Bearbeitung von Werkzeugen, insbesondere für Umformwerkzeuge wie folgt aus:

#### Prozessbeispiel

Die Anlagenkonfiguration entspricht derjenigen von Figur 2 und 3. Die Werkzeuge werden nicht um die eigene Achse rotiert, sondern nur an den Quellen vorbei geführt, indem die Werkstückhalterung um ihre Zentralachse rotiert wird. wird hierbei eine Beschichtungszone gebildet mit einer Breite b von 1000 mm und einem Durchmesser D von 700 mm innerhalb der die Werkstücke angeordnet sind. Die Anlagen-30 kammer weist hierbei einen Durchmesser von 1200 mm und eine Höhe von 1300 mm auf.

#### Atzparameter:

35 Niedervolt-Bogenstrom Bogen-Entladungsspannung  $U_{LVA} = 50 \text{ V}$ Argon-Druck  $P_{Ar} = 2.0 \times 10^{-3} \text{ mbar}$ Atz-Spannung  $U_{aub} = -200 \text{ V}$ Atzstrom  $I_{aub} = 12 \text{ A}$ 5 Atzdauer t = 30 minAtzabtrag 200 nm

#### Beschichtung:

Strom pro Arc-Verdampfer IARC = 200 A

10 (8 Verdampfer mit Titan Targets Ø 150 mm)

Arc-Entladungsspannung  $U_{ARC} = 20 \text{ V}$ 

Stickstoff-Druck  $P_{N2} = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mbar}$ 

Bias-Spannung  $U_{\text{miss}} = -100 \text{ V}$ 

Beschichtungsdauer t = 45 min

15 Schichtdicke TiN 6 μm

Die Prozess-Zykluszeit beträgt inklusiv Aufheizen und Abkühlen total 150 min für die Bearbeitung einer Charge.

20

25

30

Die Spannungserzeugungseinrichtung für die negative Beschleunigungsspannung am Werkstück wird in der Regel mit Spannungen bis 300 Volt DC betrieben, bevorzugterweise werden aber, um die Werkstücke zu schonen, die Spannungen tiefer betrieben im Bereich von 100 bis 200 Volt, wo noch gute Ätzraten ohne Defekte möglich sind. Die Niedervoltbogenanordnung muss vom Werkstück mindestens mit 10 cm beabstandet betrieben werden. Vorzugsweise liegt der Abstand aber > 15 cm, wobei dieser vorzugsweise im Bereich von 15 bis 25 cm liegen sollte. Hierbei werden hohe Raten bei guter Verteilung ermöglicht.

Die erfindungsgemässe Beschichtungsanlage ist besonders geeignet, um Werkzeuge wie insbesondere Bohrer, Fräser und 35 Formungswerkzeuge zu bearbeiten. Die Halterungs- und Trans-

10

30

35

porteinrichtung wird dann für die Aufnahme dieser Werkzeuge entsprechend ausgebildet. Die vorliegende Beschichtungsanordnung erlaubt es in der Regel gute Ergebnisse zu erzielen,
auch wenn die zu beschichtenden Teile nur um die Anlagenzentralachse bewegt werden. In besonders kritischen Fällen
oder wo eine sehr grosse Anzahl kleiner Teile von der Anlage
aufgenommen werden, lässt es aber das Konzept ohne weiteres
zu, neben der Rotation um die Zentralachse weitere rotierende Achsen einzuführen, welche ihrerseits um diese Zentralachse rotieren.

Die Erfindung wird anschliessend beispielsweise und schematisch anhand von Figuren erläutert.

#### 15 Es zeigen:

- Fig. 1 Eine Beschichtungsanordnung mit Niedervoltbogenentladung gemäss Stand der Technik.
- Fig. 2 Ein Beispiel einer erfindungsgemässen Beschich20 tungsanordnung mit peripher angebrachter Entladungskammer für die Niedervoltbogenentladung im
  Querschnitt.
- Fig. 3 Eine Darstellung der Anlage gemäss Figur 2 im Hori-25 zontalschnitt.
  - Fig. 4a Ebenfalls im Querschnitt eine Darstellung eines
    Teils der Anordnung mit der Entladungskammer für
    die Niedervoltbogenentladung mit darin angebrachter
    Mehrfachanodenanordnung.
    - Fig. 4b Eine weitere Darstellung gemäss Figur 4a, wobei aber getrennte Kathoden-, Anodenentladungsstrecken mit eigenen zugeordneten Kathodenkammern gezeigt sind.

Fig. 4c Eine Darstellung gemäss den Figuren 4a und 4b, ebenfalls mit separaten Kathoden-, Anodenentla-dungsstrecken, wobei die Kathoden in einer gemeinsamen Kathodenkammer untergebracht sind.

5

Fig. 5 Standzeitvergleichskurven für Werkzeug beschichtet nach Stand der Technik und gemäss Erfindung.

In Figur 1 ist eine bekannte Beschichtungsanordnung für Werkstücke dargestellt. Ein Vakuumrezipient bildet die Bear-10 beitungskammer 1 zur Aufnahme einer Niedervoltbogenentladung 18, welche sich im Zentrum des Rezipienten 1 entlang dessen Zentralachse 16 erstreckt und an der Peripherie von aussen an der Kammerwand der Bearbeitungskammer 1 Magnetronzerstäubungsquellen 14 angeflanscht sind. An der oberen Seite der 15 Bearbeitungskammer 1 ist eine Kathodenkammer 2 angeordnet, welche eine thermionische heisse Glühkathode 3 aufnimmt und über einen Gaseinlass 5 mit dem Arbeitsgas, typischerweise ein Edelgas wie Argon, versorgt werden kann. Für reaktive Prozesse können aber auch aktive Gase beigemischt werden. 20 Die Kathodenkammer 2 steht über eine Blende 4, welche eine kleine Öffnung aufweist mit der Bearbeitungskammer 1 in Verbindung. Die Kathodenkammer ist üblicherweise von der Bearbeitungskammer 1 über Isolatoren 6 getrennt. Die Blende 4 ist von der Kathodenkammer zusätzlich über einen Isolator 6 25 getrennt, so dass die Blende 4 nach Bedarf auf Schwebepotential oder auf einem Hilfspotential betrieben werden kann. In Zentralachsrichtung 16 auf der gegenüberliegenden Seite der Kathodenkammer 2 ist die Anode 7 angeordnet. Die Anode 7 30 kann als Tiegel ausgebildet werden zur Aufnahme eines Verdampfungsgutes, welches durch die Niedervoltbogenentladung verdampft werden kann. Beim Ätzvorgang wird aber diese Verdampfungsoption nicht benutzt, es werden dann lediglich aus der Niedervoltbogenentladung Ionen extrahiert und auf die Werkstücke beschleunigt, so dass diese Zerstäubungsgeätzt 35 werden. Für den Betrieb der Niedervoltbogenentladung 18 wird

die Kathode 3 mit einem Heizstromversorgungsgerät geheizt, so dass die Kathode 3 Elektronen emittiert. Zwischen der Kathode 3 und der Anode 7 ist eine weitere Stromversorgung 8 für den Betrieb der Bogenentladung vorgesehen. Diese erzeugt üblicherweise an der Anode 7 eine positive Gleichspannung, 5 um den Niedervoltbogen 18 zu unterhalten. Zwischen der Bogenentladung 18 und der Kammerwand der Bearbeitungskammer 1 sind Werkstückhalterungen 10 angebracht, welche die Werkstücke 11 tragen, wobei diese, um genügend Gleichförmigkeit des Prozesses erreichen zu können, um ihre vertikale zen-10 trale Achse 17 rotierbar sind. Des weiteren sind diese Werkstückhalterungen 10 auf einer weiteren Werkstückhalterungsanordnung 12 gelagert, welche mit einem Drehantrieb so versehen ist, dass diese Halterung die Werkstückhalterungen 10 um die zentrale Anlageachse 16 rotiert. Bei diesem Anlagen-15 typ ist es zusätzlich notwendig, die Niedervoltbogenentladung 18 über zusätzliche Spulen 13, beispielsweise vom Typ Helmholzspulen zu bündeln. Es ist nun ersichtlich, dass die Werkstücke 11 mit der Niedervoltbogenentladung 18 bearbeitet werden können, dass durch Anlegen einer negativen Spannung 20 an das Substrat ein Ionenbeschuss stattfindet und durch das Anlegen einer positiven Substratspannung ein Elektronenbeschuss des Werkstückes möglich ist. Die Werkstücke können auf diese Weise mit Hilfe einer Niedervoltbogenentladung vorbehandelt werden, einerseits bei Elektronenbeschuss durch 25 Aufheizen und andererseits durch Ionenbeschuss mit Zerstäubungsätzen. Anschliessend kann dann das Werkstück 11 beschichtet werden, entweder durch Verdampfen mit dem Niedervoltbogen aus dem Tiegel 7 oder durch Bestäuben mit der Magnetronzerstäubungsquelle 14, welche mit der Stromversorgung 30 15 gespiesen wird. Bei der vorliegenden Anordnung ist es sofort ersichtlich, dass der mechanische Aufwand für Substratbewegung und die Anordnung der Niedervoltbogenentladung gross ist. Andererseits ist der Freiheitsgrad stark 35 eingeschränkt, da die Werkstücke nur zwischen der Niedervoltbogenentladung im Zentrum und der äusseren Kammerwand

WO 97/34315 PCT/CH96/00412

angeordnet werden können. Eine Anlage dieser Art ist vor allem für grosse Werkstücke oder grosse Chargenmengen wirtschaftlich nicht betreibbar.

Ein Beispiel einer erfindungsgemässen bevorzugten Beschichtungsanordnung ist in Figur 2 im Querschnitt dargestellt. Die Bearbeitungskammer 1 nimmt eine Halterung für Werkstücke 11 auf, welche so angeordnet ist, dass diese um die vertikale Zentralachse 16 der Bearbeitungskammer rotiert werden können. Die Kammer wird in üblicher Weise über Vakuumpumpen 10 19 evakuiert, welche die für die Bearbeitungsprozesse notwendigen Arbeitsdrücke aufrechterhalten. Bei der vorgeschlagenen Anordnung kann beispielsweise ein grosses Werkstück 11, welches über die Zentralachse 16 hinausreicht, in der Bearbeitungskammer 1 so angeordnet werden, dass dieses gros-15 se Werkstück 11 durch die an der Bearbeitungskammerwand angeordneten Quellen bearbeitet werden kann. Die für die Chargierung nutzbare Zone füllt die Bearbeitungskammer 1 im wesentlichen vollständig aus. Somit ist nicht nur ein einzelnes grosses Werkstück 11 in solch einer Anordnung plazier-20 bar, sondern auch eine grosse Anzahl Werkstücke, welche im wesentlichen das Kammervolumen ausfüllen und nutzen können.

Die Werkstückhalterung, welche die Werkstücke 11 um die Zentralachse 16 rotiert, spannt so quer zur Rotationsrichtung 25 die Beschichtungsbreite b auf. Es ist besonders vorteilhaft, dass bei der erfindungsgemässen Anordnung einerseits über grosse Beschichtungsbreiten b und andererseits über einen grossen Tiefenbereich von der Zentralachse 16 aus bis zur Peripherie der Bearbeitungsbreite, das heisst im gesamten 30 Durchmesser D gleichförmige und reproduzierbare Bearbeitungsresultate erzielt werden können. Aufgrund der bisher bekannten konzentrischen Anordnung gemäss Stand der Technik, wo diese Verhältnisse kritisch sind, war nicht zu erwarten, dass eine exzentrische Anordnung gemäss vorliegender Erfin-35 dung bessere Resultate bringt. Verschiedenste Geometrien von ten von Lichtbögen beherrscht werden.

Werkzeugformen mit feingliedrigen Kanten und Schneiden können über diesen grossen Bereich ohne Probleme bezüglich unerwünschter thermischer Belastung und unerwünschtem Auftre-

5

10

An der Bearbeitungskammeraussenwand sind die Quellen gleichwirkend von aussen gegen die Werkstücke gerichtet, die Bearbeitungsquellen für Ätzen und Beschichten angeordnet. Für den wichtigen Vorbehandlungsschritt des Zerstäubungsätzens ist an der Kammerwand eine schlitzförmige Öffnung vorgesehen, welche in ihrer Längsausdehnung mindestens der Bearbeitungsbreite b entspricht. Hinter dieser Öffnung 26 befindet sich eine kastenartig ausgebildete Entladungskammer 21, in welcher die Niedervoltbogenentladung 18 erzeugt wird. Diese Niedervoltbogenentladung 18 ist im wesentlichen parallel zur Bearbeitungsbreite b geführt und weist die Wirklänge 1 auf, welche mindestens 80% der Bearbeitungsbreite b aufweisen soll. Vorzugsweise sollte die Entladungslänge 1 aber der Bearbeitungsbreite b entsprechen oder diese sogar überlappen.

20

25

30

35

15

Die Achse der Bogenentladung 18 ist gegenüber der nächst liegenden Bearbeitungszone, das heisst dem nächstliegenden Werkstückteil mit dem Abstand d beabstandet, wobei der Abstand d mindestens 10 cm betragen soll, vorzugsweise aber im Bereich von 15 bist 25 cm liegen soll. Damit wird einerseits eine gute Gleichförmigkeit der Bearbeitung bewirkt und andererseits eine hohe Zerstäubungsrate eingehalten. Im unteren Teil der Entladungskammer 21 ist eine Kathodenkammer 2 angeflanscht, welche über eine Blende 4 mit der Entladungskammer 21 in Verbindung steht. Die Kathodenkammer 2 beinhaltet eine Glühkathode 3, welche über die Heizstromversorgung 9 Diese Speisung kann Wechselstrom gespiesen wird. Gleichstrom betrieben sein. In die Kathodenkammer 2 mündet eine Gaseinlassanordnung 5 für die Zuführung des Arbeitsgases, in der Regel ein Edelgas wie Argon oder eine Edelgas-Aktivgasmischung für bestimmte reaktive Prozesse. Zusätzlich

können Arbeitsgase auch über die Bearbeitungskammer 1 mit Hilfe des Gaseinlasses 22 eingelassen werden. Aktivgase werden bevorzugt direkt in die Bearbeitungskammer 1 über den Gaseinlass 22 eingelassen.

5

10

15

20

25

An der oberen Seite der Entladungskammer 21 ist eine Elektrode 7 ausgebildet als Anode vorgesehen. Die Gleichstromversorgung 8 ist zwischen Kathode 3 und Anode 7 so geschaltet, dass der positive Pol an der Anode 7 liegt und somit eine Niedervoltbogenentladung gezogen werden kann. Durch Anlegen einer negativen Spannung an die Werkstückhalterung beziehungsweise an die Werkstücke 11 mit Hilfe der Spannungserzeugung 20 zwischen der Niedervoltbogenentladungsanordnung und dem Werkstück 11, werden Argonionen auf die Werkstücke beschleunigt, so dass die Oberfläche Zerstäubungsgeätzt wird. Dies kann mit Beschleunigungsspannungen von bis zu 300 Volt DC erfolgen, wobei aber vorzugsweise ein Wert gewählt wird im Bereich von 100 Volt bis 200 Volt, um eine schonende Bearbeitung der Werkstücke 11 zu gewährleisten. Die Gleichförmigkeit der Bearbeitung kann durch entsprechendes Plazieren einerseits der Kathodenkammer 2 und andererseits der Anode 7 gegenüber der Bearbeitungsbreite b der zu bearbeitenden Werkstücke 11 entsprechend den gewünschten Anforderungen eingestellt werden. Ein weiterer Faktor ist die Formgebung der Anode 7. Diese kann beispielsweise als flächenförmige Elektrode wie tellerförmig, rechteckförmig ausgebildet sein oder beispielsweise als rohrförmige gekühlte Anode.

In Figur 3 ist ein horizontaler Querschnitt der Anlage nach
30 Figur 2 dargestellt. Ersichtlich ist wiederum die kastenförmig ausgestülpte Entladungskammer 21 an der Aussenwand der
Bearbeitungskammer 1, welche mit der Schlitzöffnung 26 mit
der Behandlungszone in Verbindung steht. Selbstverständlich
können je nach Bedarf mehrere solche Entladungskammern an
einer Anlage angeordnet werden, beispielsweise um die Wirkung der Bearbeitung weiter zu erhöhen. Weiterhin darge-

· WO 97/34315

5

10

15

20

25

30

stellt sind Verdampfungsquellen 23, welche an der Kammerwand angeflanscht sind. Als Verdampfungsquellen 23 können beispielsweise Magnetronzerstäubungsquellen dienen, weise werden aber, um hohe Bearbeitungsgeschwindigkeiten bei tiefen Kosten zu erhalten, sogenannte Arcverdampfungsquellen verwendet. Die vorliegende Anordnung hat den Vorteil, dass die Arcverdampfungsquellen 23 von aussen frei so plaziert werden können, dass durch die verteilte Anordnung von mehreren Quellen einerseits die gewünschte Beschichtungshomogenität eingestellt werden kann und andererseits durch Verwendung von mehreren Quellen die Beschichtungsrate hochgehalten werden kann. Hierbei hat es sich gezeigt, dass es vorteilhafter ist nicht einzelne rechteckige Verdampfungsquellen einzusetzen, sondern mehrere kleinere runde Quellen, die entsprechend den Anforderungen auf der Anlagenperipherie verteilt angeordnet sind.

In Figur 4a wird eine weitere vorteilhafte Ausbildung der erfindungsgemässen Anordnung gezeigt, in welcher die Kathodenkammer 2 an der Oberseite der Entladungskammmer 21 angeordnet ist. Dies hat den Vorteil, dass Partikel, welche in einer solchen Beschichtungsanlage immer vorkommen, den Betrieb der Entladungsstrecke am wenigsten stören. Des weiteren ist eine Möglichkeit dargestellt, durch Verwenden von mehreren Anoden-, Kathodenstromkreisen, die Entladungsstrecke aufzuteilen und die Intensität entlang der Entladung l einstellbar zu machen. Die Hauptentladung wird mit der Stromversorgung 8 zwischen der Hauptanode 7 und der Kathodenkammer 2 erzeugt. Weitere Nebenentladungen können mit Hilfsanoden 24 und Hilfsstromversorgungen 25 erzeugt werden. Hiermit ist es möglich die Leistungsdichte der Entladung über die gesamte Entladungsstrecke zwischen Anode 7 und Kathodenkammer 2 örtlich und intensitätsmässig den Homogenitätsanforderungen am Werkstück anzupassen.

gestellt. Die Anoden-, Kathodenstrecken können voneinander vollständig getrennt, ja sogar entkoppelt werden, dadurch dass nicht nur separate Anoden 7, 24 verwendet werden, sondern auch separate Kathoden 3, 3' und separate Kathodenkammern 2, 2'. Eine weitere Variante ist in Figur 4c gezeigt, wo zwei separate Anoden 7, 24 verwendet werden, aber ein gemeinsame Kathodenkammer 2 mit zwei Glühkathoden 3 und 3'.

In Figur 5 ist das Testergebnis von HSS-Schlichtfräsern dargestellt welche einerseits erfindungsgemäss (Kurve b) und anderseits gemäss Stand der Technik (Kurve a) behandelt wurden. In beiden Fällen wurden die Fräser mit einer 3,5 µm dicken TiN Beschichtung versehen. Beim Fräser gemäss Stand der Technik (Kurve a) wurde in bekannter Art vorgängig ein Hochspannungsätzen durchgeführt, wobei bei dem Fräser nach Kurve b das erfinderische Verfahren angewendet wurde. Die Testbedingungen waren wie folgt:

HSS-Schlichtfräser: Ø 16 mm

20 Anzahl Zähne: 4

Testmaterial: 42 CrMo4 (DIN 1.7225)

Härte: HRC 38.5

25 Zustellung: 15 mm X 2.5 mm

Schnittmeter: 40 m/min
Vorschub pro Zahn 0.088 mm
Vorschub: 280 mm/min

30 Standzeit-Ende: Spindel-Drehmoment 80 (willkürliche Einheit)

Das Ergebnis zeigt eindeutige Verbesserungen in der Standzeit des erfindungsgemäss behandelten Werkzeuges. Eine Verbesserung um einen Faktor 1,5 und mehr wird ohne weiteres
erreicht. Wichtig ist aber nicht nur die Standzeitverlängerung alleine sondern auch der flachere Verlauf des anstei-

genden Drehmomentes bzw. den Grad der Werkzeugqualitätsverschlechterung gegen Ende der Lebensdauerkurve. Im Beispiel gemäss Fig. 5 ist dies deutlich ab 15 m Fräsweg erkennbar. Die Kurve a gemäss Stand der Technik knickt bei 15 m Fräsweg steil ab. Dies bedeutet, dass die Schneidqualität gemäss Stand der Technik über die gesamte Standzeit grössere Änderungen aufweist, das heisst nicht sehr konstant ist.

Erfindungsgemässe Anlagen gemäss den Figuren 2 bis 4 erreichen ausserdem, beispielsweise gegenüber dem Stand der Technik nach Fig. 1, wesentlich höhere Durchsätze bei der vorerwähnten hohen Qualität. Durchsätze können hierbei ohne weiteres verdoppelt werden oder gar um den Faktor 3 bis 5 erhöht werden, was die Wirtschaftlichkeit drastisch steigert.

#### Patentansprüche

Beschichtungsanordnung zum Behandeln von Werkstücken (11) mit einer evakuierbaren Bearbeitungskammer (1) und 5 einer an der Kammer angeordneten Plasmaquelle (18) und einer Beschichtungsquelle (23) und mit darin angeordneter Halte- und/oder Transportvorrichtung, welche eine Behandlungszone (b) festlegt für die Positionierung oder Vorbeiführung der Werkstücke (11) vor den Quellen, wobei die Quellen von der gleichen Seite her wirkend und 10 zum Werkstück angeordnet sind gekennzeichnet, dass die Plasmaquelle (18) als Heisskathoden-Niedervoltbogen-Entladungsanordnung ist und ihre lineare Ausdehnung (1) guer zur Werkstück-15 transportrichtung im wesentlichen der Breite (b) der Behandlungszone entspricht und dass eine Einrichtung vorgesehen ist zur Erzeugung einer elektrischen Spannung (20) zwischen der Bogenentladung (18) und dem Werkstück (11).

20

- 2. Anordnung nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass die Halte- und Transportvorrichtung für die Werkstücke (11) um die Zentralachse (16) der Bearbeitungskammer (1) rotierbar angeordnet ist und dass die Quellen (18,23) an der Kammerwand gleichwirkend radial, von aussen in Richtung der Zentralachse (16) wirkend, angeordnet sind.
- 3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, dass die Plasmaquelle in einer Entladungskammer (21) angeordnet ist, welche an der Aussenwand der Kammer (1) angebracht ist, wobei in oder an der Entladungskammer (21) eine thermionische Emissionskathode (3) und davon um mindestens 80% der Behandlungszonenbreite (b) beabstandet und entlang der Behandlungszonenbreite eine Anode (7) zur Ausbildung einer Niedervoltbogenanordnung (18) enthalten ist und dass eine Edelgaseinlassanordnung

- (5) in die Entladungskammer (21) mündet, wobei eine Spannungserzeugungseinrichtung (20) zwischen dem Anoden-Kathodenstromkreis und dem Werkstück (11) so verbunden ist, dass der negative Pol am Werkstück (11) liegt, so dass die Plasmaquellenanordnung (2,7,18,21) als Vorrichtung zum Zerstäubungsätzen ausgebildet ist.
- Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Emissionskathode
   (3) und der Anode (7) mindestens eine weitere entlang der Plasmastrecke beabstandete Anode (24) angeordnet ist, zur Einstellung der Plasmadichteverteilung entlang der Bogenentladung (18).
- 15 5. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass die Anode (7) und die weitere
  Anode (24) mit separaten, einstellbaren Stromversorgungen (25) verbunden sind und dass vorzugsweise für jede
  Anode (7,25) eine gegenüberliegende Kathode (3) einge20 baut ist, welche mit der zugeordneten Anode (7,25) und
  der separaten Stromversorgung (8,25) einen eigenen einstellbaren Stromkreis schliesst.
- 6. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche da
  durch gekennzeichnet, dass die Emissionskathode (3) in
  einer gegenüber der Entladungskammer (21) separaten Kathodenkammer (2) angeordnet ist und diese mit der Entladungskammer (21) über eine Öffnung (4) für den Elektronenaustritt verbunden ist, wobei die Edelgaseinlassanordnung (5) vorzugsweise in diese Kathodenkammer (2)
  mündet.
- Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 2 bis 6 dadurch gekennzeichnet, dass die Bearbeitungskammer
   (1) mit ihrer Zentralachse (16) vertikal angeordnet ist und dass die Kathode (3) beziehungsweise die Kathoden-

- kammer (2) oberhalb der Anode (7,24) angeordnet ist und die Öffnung (4) der Kathodenkammer (2) vorzugsweise nach unten gerichtet ist.
- 5 8. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Beschichtungsquelle (23), die vorzugsweise mindestens ein ArcVerdampfer (23) ist, neben der in Transportrichtung davor liegenden Plasmaquelle (18), an der Bearbeitungskammerwand angeordnet ist.
  - 9. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass die Spannungserzeugungseinrichtung (20) für Werte bis 300 V DC ausgelegt ist, vorzugsweise für 100 V bis 200 V.

20

25

- 10. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass die Niedervoltbogenanordnung
  (18) von dem Werkstück (11) mindestens 10 cm beabstandet
  ist, vorzugsweise aber 15 bis 25 cm.
- 11. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass die Halte- und Transporteinrichtung als Werkzeughaltevorrichtung ausgebildet ist, insbesondere für Bohrer, Fräser und Formungswerkzeuge.
- 12. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass in oder an der Entladungskammer (21) mindestens eine Magnetfelderzeugungsvorrichtung angeordnet ist zur Einstellung der Plasmadichteverteilung.
- 13. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass die Entladungskammer (21) auf
  der ganzen Breite (b) der Behandlungszone gegenüber die-

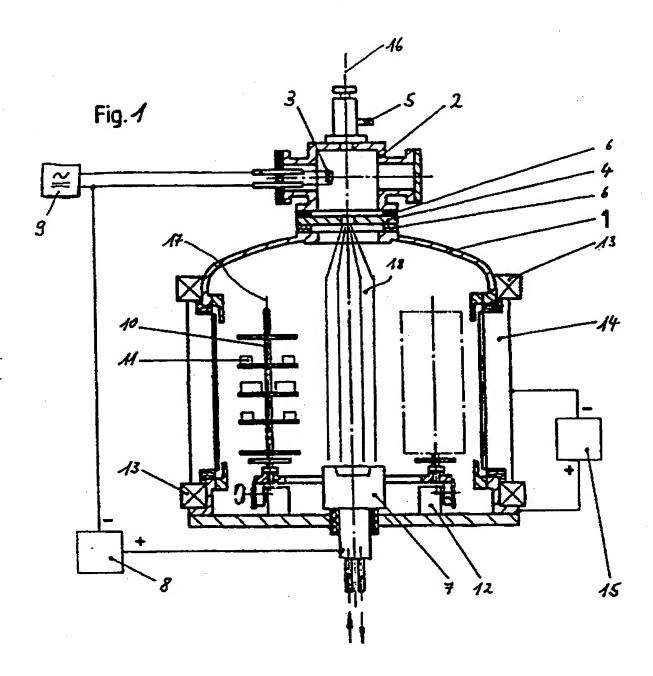
35

ser offen ist, so dass die Behandlungszone gegenüber der Bogenentladung exponiert ist.

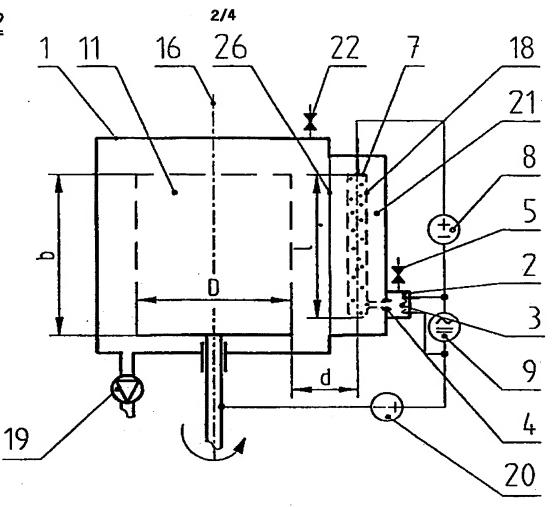
- 14. Verfahren zur wenigstens teilweisen Beschichtung von Werkstücken (11) in einer evakuierbaren Bearbeitungskam-5 mer (1) mit einer an der Kammer angeordneten Plasmaquelle (18) und einer Beschichtungsquelle (23) und mit einer in der Kammer (1) angeordneten Halte- und/oder Transportvorrichtung, welche eine Behandlungszone 10 bestimmt für die Positionierung oder Vorbeiführung der Werkstücke (11) vor den Quellen (18,23), wobei die Quellen von der gleichen Seite her wirkend und beabstandet zum Werkstück (11)angeordnet sind dadurch gekennzeichnet, dass mit der Plasmaquelle (18) ein Heisskathoden-Niedervoltbogen (18) quer zur Werkstücktransport-15 richtung im wesentlichen über mindestens 80% der Breite Behandlungszone erzeugt wird und dass eine Spannung zwischen die Bogenentladung und dem Werkstück angelegt wird zur Extraktion von Ladungsträgern aus dem 20 Plasma und zur Beschleunigung auf das Substrat.
  - 15. Verfahren nach Anspruch 14 dadurch gekennzeichnet, dass die Werkstücke um die Zentralachse (16) einer Bearbeitungskammer vor die Quelle (18,23) rotieren, vorzugsweise kontinuierlich und in einem ersten Schritt die Plasmabehandlung mit Ladungsträgerbeschuss erfolgt und in einem zweiten Schritt die Beschichtung der Werkstücke (11) erfolgt.
- 30 16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15 dadurch gekennzeichnet, dass die Ladungsträger Ionen sind, die aus der Bogenentladung (18) direkt mit Hilfe einer negativen Werkstückspannung so extrahiert werden, dass diese das Werkstück (11) zerstäubungsätzen.

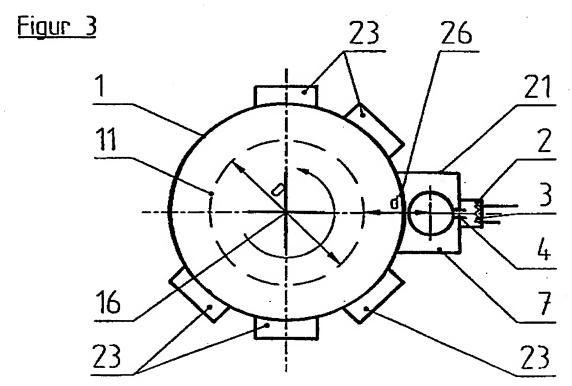
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 16 dadurch ge-

kennzeichnet, dass die Homogenität der Ätzverteilung über der Beschichtungszone (b) auf vorgegebene Werte eingestellt wird durch die Wahl der Bogenlänge (l), des Abstandes (d) zwischen dem Bogen und der Werkstücke, der Position des Bogens gegenüber dem Werkstück sowie durch Einstellung der Plasmadichteverteilung entlang des Lichtbogens.

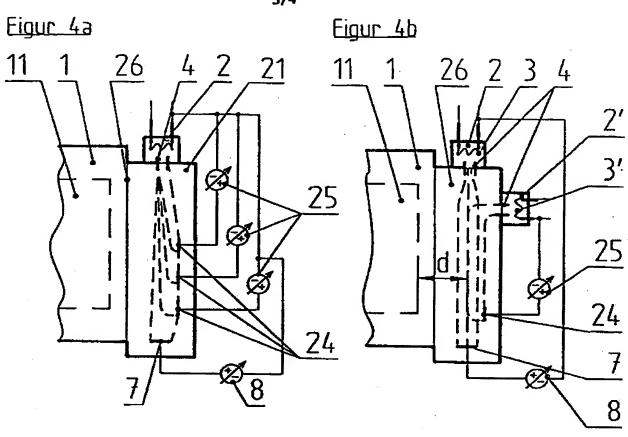


Figur 2









Figur 4c

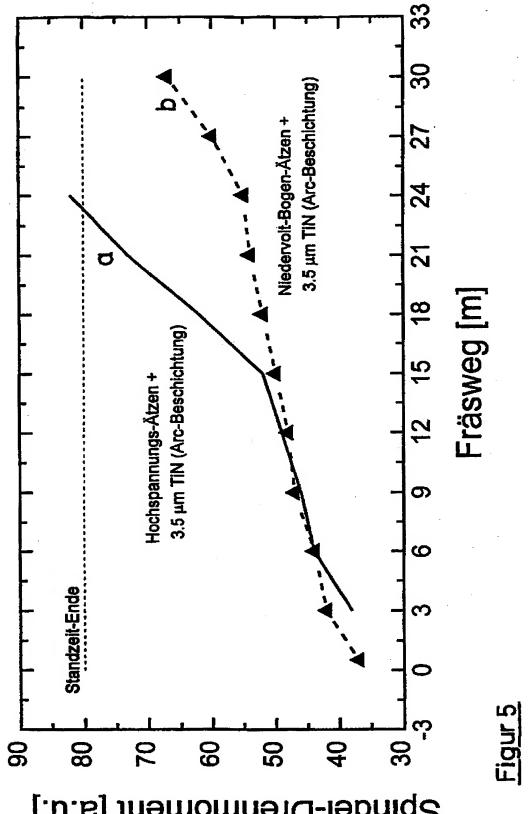
11 1 4 3 3' 2

21

25

24

8



Spindel-Drehmoment [a.u.]

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In ' stional Application No PCT/CH 96/00412

A. CLASS	IFICATION O	of Subiec	r matter
IPC 6	HO1J3	7/32	
1.00		,	

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

#### **B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 6 HO1J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 43 10 286 A (NIPPON SHEET GLASS CO LTD) 7 October 1993 see column 4, line 23 - line 51 see column 5, line 49 - column 6, line 52; figure 1	1,7,11, 13,14
A	us 4 929 321 A (BUHL RAINER) 29 May 1990  see column 1, line 6 - line 15 see column 5, line 13 - line 39 see column 7, line 57 - column 8, line 12; figure 1	1,6-8, 11,12, 14,15

X Purther documents are listed in the continuation of box C.	Patent family members are listed in annex.
*Special categories of cited documents:  'A' document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance.  'E' earlier document but published on or after the international filling date.  'L' document which may throw doubts on priority dains(s) or which is cited to enablish the publication date of another citation or other special reason (as specified).  'O' document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means.  'P' document published prior to the international filling date but later than the priority date claimed.	T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention.  "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone.  "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.  "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
20 February 1997	28.02.1997
Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentiasn 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tr. 31 651 epo nl, Faze (+ 31-70) 340-3016	Capostagno, E

1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

fr stional Application No PCT/CH 96/00412

.(Continua	non) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
ategory *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Rele	vant to claim No.
	EP 0 413 853 A (BALZERS HOCHVAKUUM) 27 February 1991 see column 1, line 52 - column 2, line 52;		1,2,6,8, 11,12, 14,15
	figure 1		1.6.0
<b>\</b>	GB 2 049 560 A (BALZERS HOCHVAKUUM) 31 December 1980 see page 1, line 76 - line 93 see page 1, line 121 - page 2, line 50; figure 1		1,6-9, 12,16
			,
			·
		· .	
		*	
	·		-(C
	*		

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

PCT/CH 96/00412

Patent document cited in search report			Patent family member(s)	
DE-A-4310286	07-10-93	JP-A-	5275345	22-10-93
		US-A-	5340621	23-08-94
US-A-4929321	29-05-90	DE-D-	58909180	24-05-95
00 11 1323021	20 22 22	EP-A-	0334204	27-09-89
		JP-A-	1298150	01-12-89
EP-A-0413853	27-02-91	AT-T-	133718	15-02-96
2		AU-B-	645758	27-01-94
		AU-A-	6112290	21-02-91
		CA-A-	2023049	22-02-91
		CN-A-	1049688	06-03-91
		DE-D-	58909591	14-03-96
		JP-A-	3082748	08-04-91
GB-A-2049560	31-12-80	DE-A-	3015296	11-12-80
		FR-A-	2457910	26-12-80
		JP-A-	56041380	18-04-81

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In honales Aktenzeichen .
PCT/CH 96/00412

A. KLASSI IPK 6	IFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES H01J37/32		
Nach der In	sternahonalen Patentkiassufikation (IPK) oder nach der nationalen Kl	assifikation und der IPK	
	RCHIERTE GEBIETE		
Recherchier IPK 6	ter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbo H81J		
	te aber meht zum Mindestprüßtoff gehörende Veröffentlichungen, so		
Während de	er internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (N	ame der Datenbank und evti. verwendete	Suchbegriffe)
C. ALS W	ESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angab	e der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 43 10 286 A (NIPPON SHEET GLAS 7.Oktober 1993 siehe Spalte 4, Zeile 23 - Zeile siehe Spalte 5, Zeile 49 - Spalte 52; Abbildung 1	51	1.7,11, 13,14
A	us 4 929 321 A (BUHL RAINER) 29.M siehe Spalte 1, Zeile 6 - Zeile 1 siehe Spalte 5, Zeile 13 - Zeile siehe Spalte 7, Zeile 57 - Spalte 12; Abbildung 1	.5 39	1,6-8, 11,12, 14,15
	-	·/	
	itere Veröffentlichungen sind der Forwetzung von Feld C zu nehmen	X Siehe Anhang Patentfamilie	<u> </u>
'A' Veröß aber i 'E' älteres	t Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : Fentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, nicht als besonders bedeutsam anzuschen ist « Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen eldedahun veröffentlicht worden ist	"T' Spätere Veröffentlichung, die nach den oder dem Prioritätsdatum veröffentlich Anmeldung nicht kollidiert, sondern n Erfindrie zugrundeliegenden Prinzips Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bede	nt worden ist und mit der ur zumVerständnis des der i oder der ihr zugrundeliegenden
schen sader sall o ausge	Ientlichung, die goeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft er- nen zu lessen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer ren im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden - der die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie eithrt) Ifentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung,	kann allem aufgrund dieser Veröffent erfinderischer Tätigkeit beruhend betr 'Y' Veröffentlichung von besonderer Bede kann nicht als auf erfinderischer Tätig werden, wenn die Veröffentlichung m	ichung nicht als neu oder auf achtet werden utung die beanspruchte Erfindung keit beruhend betrachtet It einer oder mehreren anderen
'P' Veräß	Berndzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht	Veröffendlichungen dieser Kategorie is diese Verbindung für einen Fachmann '&' Veröffentlichung, die Mitglied derselb	urpejieseng in
M-70	s Abschlusses der internationalen Recherche 20. Februar 1997	Absendedatum des internationalen Re 28.02.1997	cherchenberichts
Name und	Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde Europäisches Patentamit, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk	Bevollmächtigter Bediensteter	
	Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Capostagno, E	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In transles Aktenzeichen
PCT/CH 96/00412

(Fortsetz.				
alegone"	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommende	n Teile	1,2,6,8, 11,12, 14,15	
	EP 0 413 853 A (BALZERS HOCHVAKUUM) 27.Februar 1991 siehe Spalte 1, Zeile 52 - Spalte 2, Zeile 52; Abbildung 1			
	GB 2 049 560 A (BALZERS HOCHVAKUUM) 31.Dezember 1980 siehe Seite 1, Zeile 76 - Zeile 93 siehe Seite 1, Zeile 121 - Seite 2, Zeile 50; Abbildung 1		1,6-9, 12,16	
	·	· .		
	·			

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlik ... igen, die zur selben Patentfamilie gehören

in stronales Akterizaschen .
PCT/CH 96/00412

Im Recherchenbericht ingeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE-A-4310286	07-10-93	JP-A- US-A-	5275345 5340621	22-10-93 23-08-94
US-A-4929321	29-05-90	DE-D- EP-A- JP-A-	58909180 0334204 1298150	24-05-95 27-09-89 01-12-89
EP-A-0413853	27-02-91	AT-T- AU-B- AU-A- CA-A- CN-A- DE-D- JP-A-	133718 645758 6112290 2023049 1049688 58909591 3082748	15-02-96 27-01-94 21-02-91 22-02-91 06-03-91 14-03-96 08-04-91
GB-A-2049560	31-12-80	DE-A- FR-A- JP-A-	3015296 2457910 56041380	11-12-80 26-12-80 18-04-81